

建築デザイン教育におけるレーザー加工機活用の実践

Practical Application of Laser Process Machines in Education of Architectural Designs

渡辺 宏二¹

Koji Watanabe²

要旨

3D プリンターに続いてレーザー加工機も、近年になってホームユース・ホビーユース向けの低価格な製品が出回る様になり普及してきている。筆者は身近になったこのレーザー加工機を建築デザイン教育で利用する試みを実践的にこなしている。特に建築デザインの形状の根幹を成す構造骨組みに関する学生の理解を深める目的で、コンピュータとレーザー加工機を使った構造模型製作に取り組んでいる。

キーワード: 建築, デザイン教育, レーザー加工機

Keywords: Architecture, Education of Design, Laser Process Machines

1. はじめに

コンピュータでの CAD ソフトウェアによってモデリングされたデータを、デジタル制御の加工機を用いて造形出力し、直接的な造形試作を繰り返し設計改良していくラピッドプロトタイプングの手法が普及してきた。工業・医療系の一部領域では試作ではなく実用パーツを製造する技術としてダイレクト・デジタル・マニュファクチャリング(DDM)も行われるようになってきている。建築分野においての 3D プリンター技術を応用した実建築物の建設は、日本では法的な制約もあり極小規模なもの以外は難しいが、海外ではコロナ禍でのウッドショックの影響もあってコンクリート系材料を応用した装置を用いて建設された住宅が販売される段階まで来ている。

筆者は、2014 年から安価な熱溶解積層法 3D プリンターを研究室に導入し、教材製作や建築デザイン教育に取り組んできた。その後、レーザー加工機も安価なものが普及し始め、2019 年にはレーザー加工機を導入した。3D プリンター同様にホームユース・ホビーユース向けのレーザー加工機のため、加工できる材料や切断可能な厚みが限られる。本報告では、適用材料やその厚みと設定の関係、造形過程で発生する問題点を整理し、建築の内、特に構造デザイン分野における教育的な実践的活動について報告する。

¹ 東海大学国際文化学部デザイン文化学科, 005-8601 札幌市南区南沢 5 条 1 丁目 1-1 ; E-mail: watanabe(a)tokai-u.jp

² Department of Design and Culture, School of International Cultural Relations, Sapporo Campus, Tokai University, 5-1-1-1 Minamisawa, Minami-ku, Sapporo 005-8601, Japan; E-mail: watanabe(a)tokai-u.jp

2. レーザー加工機について

レーザー加工機は、一般に様々な素材をレーザー光により切断・彫刻・マーキングなどの加工ができる。ここでは以降、主に切断加工について述べる。レーザー加工機は切断装置部のレーザー光により素材を焼き切り、切断装置部の位置はフラッドベット・プロッタの様に x-y 水平 2 方向へモーターで移動する機構を持つ。レーザー光により膜状または薄板状の素材に非接触で高精度な加工をおこなうことが可能であり、そのため、従来の工作機械では難しい薄い素材や細かな曲線への加工等に優れている。3D プリンターと異なり、平面的な加工を施す装置であり、コンピュータ上の CAD システムによる元データも 2D-CAD 等の平面的なベクター形式データ(座標データ)で良い。

2.1 レーザー加工機の導入について

筆者は、2019 年に株式会社 smartDIYs (スマートディーアイワイズ) から発売された「FABOOL Laser Mini」を導入した。「FABOOL Laser Mini」は組み立てキット式のデスクトップ型レーザーカッター・レーザー加工機で、半導体レーザーとして 1.6W 出力、3.5W 出力の 2 種があり、薄板材の切断加工が可能な 3.5W 出力のタイプを選択した。また、加工エリアも 3 種類の大きさがあり、最小サイズでほぼ A4 判大が加工可能な 300×230mm を選択した。組み立てキットは加工機が剥き出しの状態であり、設置場所は研究室内であることから、安全性を考え加工ベッド(加工底面の金属板)、安全カバー(レーザー光遮光カバーが付いた収納ボックス)、排気ファンキットをオプション購入した。制御用のコンピュータとは USB 接続する。組み立て後に、レーザー光による加工ベッドの熱変形を抑えるためにベッド下に耐熱ゴムマットを敷設するなどしている。導入機器の仕様を表 2.1 にまとめる。

表 2.1 FABOOL Laser Mini の仕様

加工エリア	300×230mm
レーザー方式	445nm レーザーダイオード 3.5W
電源	家庭用電源 AC100V～240V
本体サイズ/重量	540×485×140mm, 約 3kg



図 2.1 FABOOL Laser Mini 組立本体



図 2.2 安全カバー等組み込み外観

2.2 データ入力から出力までの過程

出力の手順を以下にまとめる。

- (1) コンピュータで 2D-CAD ソフトウェア, または「Adobe Illustrator」の様なベクター形式の画像処理ソフトウェアで平面形状の線データを作成し, データ互換用に DXF ファイルに変換する。
- (2) 先の互換ファイルに変換した線データを, レーザー加工用ソフトウェアで読み込み, 設定を行った後に加工用データへ変換し, データ保存する。
- (3) 機器への材料設置・設定準備後, コンピュータから加工用データを送信して加工を開始する。
当研究室の作業環境では, 2D-CAD ソフトウェアにフリーソフトウェアの「Jw_cad」, レーザー加工用ソフトウェアには, 製造メーカー SmartDIYs 社が無償提供する「SmartDIYs Creator」を使用している。「SmartDIYs Creator」では主にレーザー移動スピード, レーザー強度, トレース回数を設定するが, 素材やその厚み, 更には温湿度環境により詳細に設定を変更する必要がある。

2.3 切断素材の種類と加工機の設定

当該レーザー加工機のレーザー光波長や出力強度の関係から, 切断できる素材とその厚みは限られる。肉厚の切断に適した素材でも 3mm 厚が限界である。メーカー提供等の資料によると, 切断素材とその加工設定参考値は以下の通り。

表 2.2 FABOOL Laser Mini の仕様

素材系	素材と厚み(最大)	設定値 S/P/T
木質系	シナベニア 3mm 厚	700mm/min, 100%, 5 回
	MDF 板 2.5mm 厚	200mm/min, 100%, 10 回
樹脂系	不透明(黒)アクリル 3mm 厚	200mm/min, 100%, 10 回
	塩化ビニール素材はガスの発生があり不可, 透明材料はレーザー光透過のため不可, 溶融しやすい素材は設定が難しい	
紙素材	段ボール E フルーツ 1.6mm 厚まで	800mm/min, 100%, 10 回
	表面が白色等の光の反射率が高いものは切断が難しい	

設定値 S/P/T はレーザー移動速度/レーザー強度/トレース回数

実際には, 表 2.2 中に使用素材があるとは限らず, また同種の素材でも表面色の微妙な違いや使用環境の変化が設定値に影響するため, 切断前に設定値を決定するための切断実験を繰り返す必要がある。透明で光を透過しやすい素材や表面色が白系で光の反射率が高いものは, 当該機種での切断加工には不向きで, また, 素材の熱に対する特性を鑑みてレーザー移動速度, レーザー強度, トレース回数を調整する必要がある。本報告での利用の範囲内では, 素材を「ボールチップ板 (両面グレー) 2mm 厚」と固定し, 設定としてレーザー移動速度 200mm/min, レーザー強度 100%, トレース回数 6 回を標準値としている。

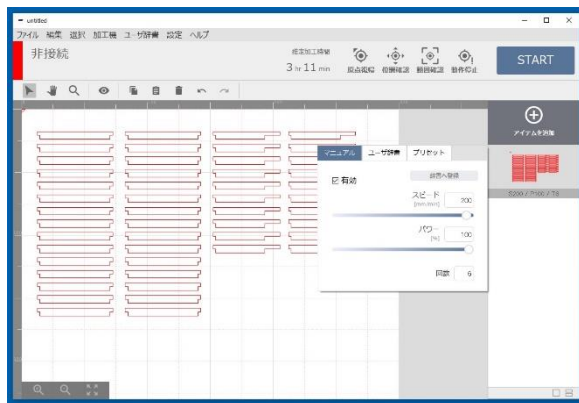


図 2.3 加工設定画面

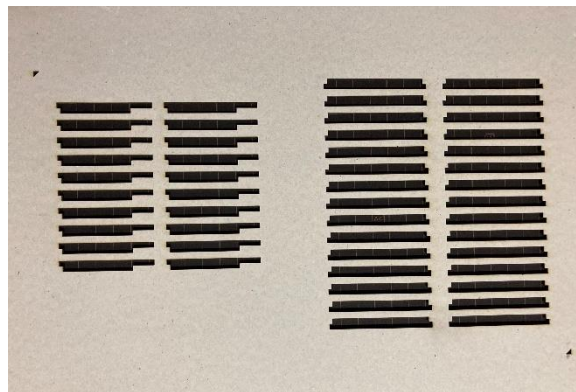


図 1.4 ボールチップ板の切断跡

2.4 切断加工での問題点・注意点

先に述べた,設定値決定のための素材の事前切断作業の煩雑さ,微妙な環境や素材の温湿度状態による変化による仕上がりの差が大きい等の他,以下の様な問題点が挙げられる。

- ・ 煙や臭い対策で排気ファンを取り付けているので外気へのダクト廃棄を行っており,室内の温湿度環境変動を起こしやすい。
- ・ 素材やその状態によっては,切断過程で素材のそりが発生し,切断失敗しやすい。そりを抑えるために周辺をマグネット,文鎮やテープでの固定が必要になる。
- ・ 紙素材や木質系素材では,切断面が炭化しやすい。切断面には細かな炭の粉体があり,切断後に除去しないと手,周辺や切断部材自体を汚してしまう。
- ・ 元々レーザーが低出力の機器なので消炎キットが存在せず,素材がレーザーで熱を帯び過ぎないか,加工中は常に監視が必要である。
- ・ 1mm を超える厚みのものをレーザー強度が高く複数回トレースするとき,切断する線の間隔が 1~2mm 以上ないと熱を持ちやすくなる。
- ・ レーザー光が暴露されると光化学作用により組織が損傷され,特に光を直視すると失明する危険がある。安全カバーにより減光しているが,扱いには注意が必要である。
- ・ 定量的には把握できていないが連続使用には向かず 1 時間以上続けて使用すると,素材の反りによる切断失敗や,切断できる場所できない場所の加工むらが生じやすい。

3 建築デザイン教育での実践的利用

デザイン文化学科 3 年次秋学期に実施される「デザイン・ゼミナール」の筆者担当クラスでは,その一部で学生自身が建築設計演習授業における課題作品を修正し,造形をデジタルデータ化し,更にそのデータをデジタル制御の 3D プリンターやレーザー加工機を用いて部材の加工・製作をおこない,組み立てて模型化している。この内,レーザー加工機を使った模型では,主に建築の構造モデル(骨組モデル)を製作させている。

建築設計では一般に建築の意匠計画だけでなく,構造や設備との整合性を図ることが求められるが,デザイン系の本学科の学生による建築設計課題作品では,意匠計画が中心であることが多く,特に構造は平面図の中に柱の表現はあるものの,フレーム骨組としてのイメージが希薄なものが見られる。柱はあるが大梁・小梁の存在を意識していない場合や,手描きまたは 2D-CAD

ソフトウェアを使った製図では立体的なイメージが追いつかず階層ごとに柱の位置がズレているものも見受けられる。

フレーム骨組に改良が必要な建築設計課題作品について、構造の考え方を指導し、CADデータ化した骨組部材をレーザー加工機で製作し、構造モデルとして組み立てる一連の作業は、時間は掛かるものの、学生に構造を意識させ理解を深めることに大きな効果を発揮していると考えている。製作する構造モデルは主要構造だけの大雑把なものだが、このプログラムを経験した学生は、構造を立体的に把握し、フレーム骨組の理解を深め、製作上省略している床スラブ、小梁やカーテンウォールにも意識が及ぶようになっていた。

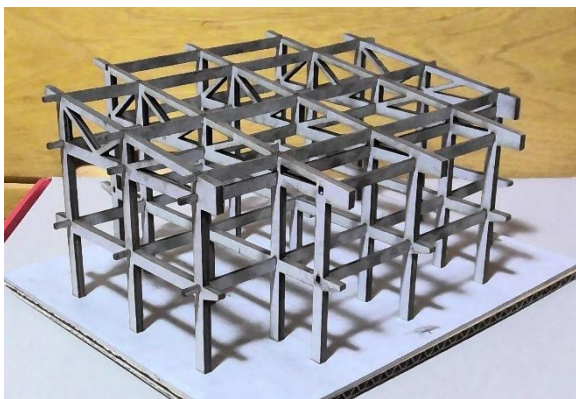


図 3.1 構造モデル-A

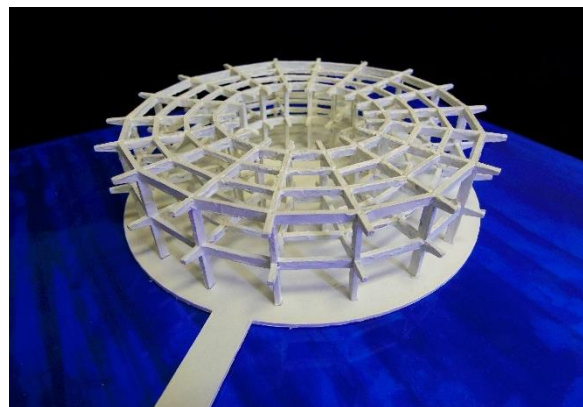


図 3.2 構造モデル-B

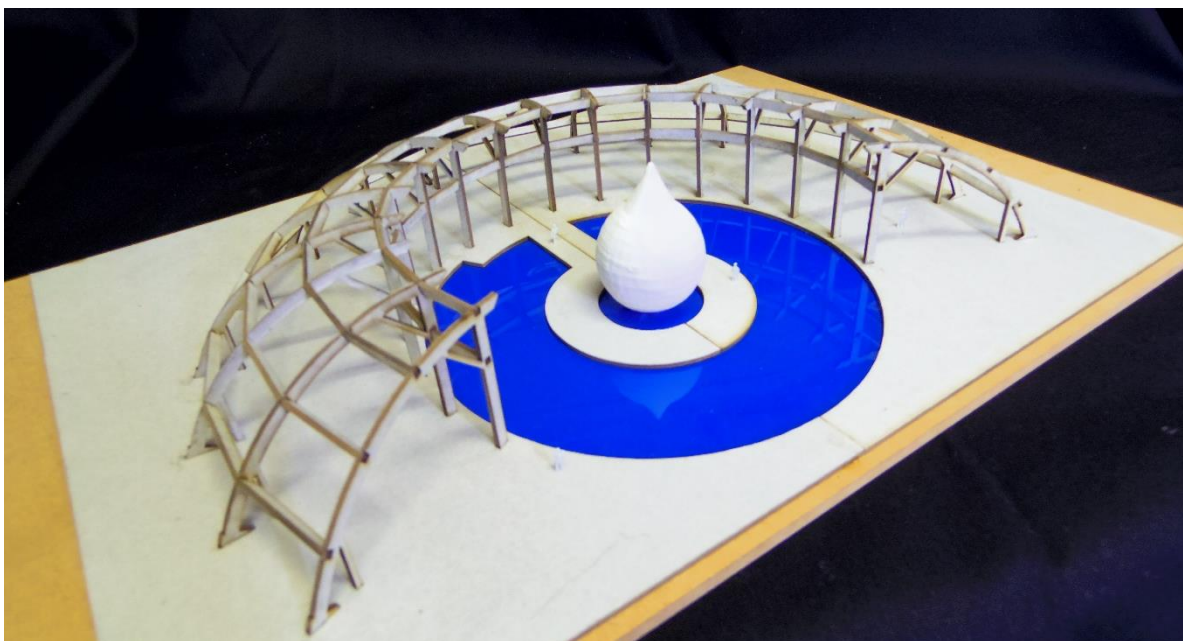


図 3.3 構造モデル-C

4. まとめ

使用しているレーザー加工機は安価である故に加工機としては低出力であるため、切断加工機能としての適用性は狭いが、十分な教育的効果をもたらせたと考えている。構造模型製作を一般的な桧小角材やスチレンボードを手加工でおこなった場合でも、教育的な結果としてはほぼ

同様なものが得られるであろうが、手加工では模型製作のテクニックに頼るところが大きく器用さが求められ制作意欲が向きにくい学生も多い。レーザー加工機を用いた模型製作ではその点が解消される他、以下に示した特徴により製作する学生のモチベーションを保ちつつ理解を誘導できるところに大きく期待できる。

- ① コンピュータによるデータが 3D(立体)ではなく 2D(平面)であることからデータ作成作業の敷居が低い
- ② 手加工では困難な詳細な加工が容易にでき、また、精度よく同一形状の部材が作成可能である
- ③ 主なフレーム骨組の一体的成形(主架構を更に部材分割しなくても良い)や同一形状の部材を一度に加工ができる
- ④ 更には各部材の加工精度が高く組み立てに失敗しにくい等

今後、より効率的に作業し多くの学生に体験させるには加工時間の短縮が要である。そのためには、より出力の大きい加工機の導入、または、薄くて堅いが切断に適した素材を見つけ出すことが必要になると考える。

参考文献 References

- 田村峻久 (2021), 『3D プリンターで 300 万円の家 住宅テック,Z 世代狙う』, 日本経済新聞 2021 年 11 月 2 日, https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUF2193F0R21C21A0000000/CNN.co.jp_style Web サイト (2021), 『世界最大級の 3D プリント住宅街,テキサス州で来年着工へ』, <https://www.cnn.co.jp/style/design/35179144.html>, 採録 2021 年 11 月
- 渡辺宏二 (2018), 『建築デザイン教育における 3D プリンター活用の実践』, 東海大学高等教育研究(北海道キャンパス)18, 79-86
- 新井武二 (2013), 『レーザ加工の基礎工学 改訂版: 理論・シミュレーションによる現象から応用まで』, 丸善出版

(受付: 2022 年 1 月 5 日, 受理: 2022 年 3 月 1 日)

(Submitted: January 5, 2022; Accepted: March 1, 2022)